

Колесник А. В., Дубенчак О. О.

ДЕФЕКТИ ТА РУЙНУВАННЯ БЕТОННИХ УКРИТТІВ: ПРИЧИНИ ТА МЕТОДИ ЗАПОБІГАННЯ

Анотація. *Аналізуються типові дефекти бетонних укриттів, такі як тріщини, руйнування від корозії та усталих навантажень. Пропонуються превентивні методи контролю та зміцнення конструкцій.*

Ключові слова: *дефекти, руйнування, бетонні укриття, корозія, превентивні методи.*

Abstracts. *Typical defects in concrete shelters, such as cracks, corrosion damage and fatigue damage, are analysed. Preventive methods for monitoring and strengthening structures are proposed.*

Keywords: *defects, damage, concrete shelters, corrosion, preventive methods.*

Вступ

Бетонні укриття є важливим елементом системи цивільного захисту, забезпечуючи безпечне перебування людей під час дії вибухових, ударних або інших руйнівних факторів. Довговічність та надійність таких споруд залежать від якості матеріалів, технології зведення, умов експлуатації та ефективності технічного обслуговування. Проте з часом у конструкціях виникають дефекти, що знижують їхню стійкість і несучу здатність.

Основна частина

Бетонні укриття, як і будь-які інженерні споруди, у процесі експлуатації піддаються впливу численних факторів, що призводять до виникнення дефектів. Розуміння їхніх типів і механізмів утворення є основою для розробки ефективних методів діагностики та запобігання руйнуванню конструкцій [1, 2].

Тріщини — найпоширеніший тип дефектів, що порушує монолітність конструкції, сприяє проникненню вологи, агресивних речовин і розвитку корозії арматури. Основні види тріщин:

- усадкові тріщини — виникають при висиханні або неправильному догляді за бетоном у період твердіння;
- температурні тріщини — спричинені різницею температур між зовнішніми та внутрішніми шарами конструкції;
- тріщини від навантаження — з'являються при перевищенні розрахункових напружень;
- корозійно-механічні тріщини — формуються внаслідок розширення арматури при корозії.

Корозія арматурної сталі є однією з головних причин втрати несучої здатності бетонних укриттів. Процес відбувається через проникнення вологи, кисню або хлоридів до арматури. Продукти корозії мають більший об'єм, ніж початковий метал, тому вони створюють внутрішні напруження, які призводять до розтріскування та відшарування захисного шару бетону [3].

Відшарування поверхні бетону або утворення вибоїн спостерігається у випадках циклічного заморожування–відтавання, дії вологи, механічних ударів чи вибухових хвиль. Такі дефекти знижують товщину захисного шару та прискорюють руйнування внутрішніх елементів конструкції.

Тривала дія агресивного середовища (кислотні дощі, солі, CO₂, сірчисті сполуки) викликає карбонізацію бетону, розчинення цементного каменю та втрату міцності. У підземних укриттях можливий також сульфатний розклад, який супроводжується утворенням тріщин і розширенням структури матеріалу.

Деформаційні дефекти можуть бути результатом нерівномірного осідання фундаментів, помилок у проектуванні або змін вологості ґрунтів. Це проявляється у вигляді нахилів, прогинів і розкриття тріщин у стінах та перекриттях.

У багатьох збірних укриттях місця стиків є слабкими зонами. Недостатня герметизація швів призводить до проникнення вологи, появи висолів, а згодом — до корозії арматури та руйнування бетону в зоні з'єднань.

Для оцінки технічного стану бетонних укриттів важливо не лише ідентифікувати типи дефектів, але й визначити ступінь їхньої небезпеки для подальшої експлуатації споруди [4]. Залежно від масштабів пошкодження, впливу на несучу здатність та можливості розвитку руйнування дефекти поділяють на три основні категорії

Перша, це: незначні дефекти. До цієї групи належать ушкодження, які не впливають суттєво на міцність і стійкість споруди, проте потребують спостереження та своєчасного усунення. Приклади: поверхневі мікротріщини шириною до 0,2 мм; дрібні відшарування або вибоїни на поверхні; незначне висолонасичення чи забруднення поверхні.

Такі дефекти усуваються локальними ремонтними роботами або нанесенням захисних покриттів.

Друга, це: дефекти середнього ступеня небезпеки. Це пошкодження, що частково знижують несучу здатність елементів або порушують герметичність конструкції. Приклади: тріщини завширшки понад 0,3 мм, які проникають до арматури; відшарування та відколи захисного шару бетону на площі понад 0,1 м²; початкова корозія арматури; часткові деформації стін чи перекриттів.

Такі дефекти потребують детального обстеження, розроблення проєкту ремонту та контролю за динамікою розвитку ушкоджень [5, 6, 7].

Третя, це: критичні дефекти. Критичні пошкодження створюють загрозу цілісності конструкції та безпеці людей. Їх наявність вимагає негайного виведення споруди з експлуатації до проведення відновлювальних робіт. Приклади: наскрізні тріщини або руйнування несучих елементів; значне розшарування бетону з оголенням арматури; прогини, перекоси, осідання понад допустимі межі; активна корозія арматури з відшаруванням бетонного шару.

У практиці технічного нагляду для об'єктивної оцінки стану бетонних укриттів використовується комплексна система контролю, яка включає візуальне обстеження, інструментальні вимірювання та розрахункову оцінку залишкової міцності конструкцій. Отже, найбільш поширених дефектів бетонних конструкцій належать:

- тріщини різного характеру (усадкові, температурні, навантажувальні), які знижують монолітність і сприяють проникненню вологи;
- корозійне руйнування арматури, що призводить до розширення стрижнів і відшарування захисного шару бетону;
- висолонасичення та ерозія поверхонь, спричинені дією агресивного середовища;
- відшарування та локальні вибоїни, що утворюються під впливом циклів заморожування–відтавання;
- деформації та просідання, викликані нерівномірною роботою фундаментів або перевищенням проєктних навантажень.

Основними факторами, що зумовлюють появу дефектів у бетонних укриттях, є:

- помилки на етапі проєктування (недостатня товщина захисного шару бетону, неправильний вибір марки бетону);
- порушення технології виготовлення (недостатнє ущільнення суміші, перевищення водоцементного відношення, використання неякісних заповнювачів);
- вплив агресивного середовища (волога, солі, CO₂, сірчисті гази);
- втома матеріалу при тривалих навантаженнях;
- недостатній технічний нагляд та відсутність системного моніторингу стану конструкцій.

Для забезпечення довговічності бетонних укриттів доцільно застосовувати такі превентивні заходи:

- гідроізоляційний захист поверхонь полімерцементними та епоксидними покриттями [8];
- використання антикорозійних добавок і покриттів для арматури;
- ін'єктування тріщин епоксидними або поліуретановими складами;
- нанесення захисних та відновлювальних шарів із ремонтних сумішей високої адгезії;
- армування волокнами (фібробетон) для підвищення тріщиностійкості;

- регулярний моніторинг із залученням систем структурного контролю.

Висновки

Дефекти бетонних укріплень є результатом комплексної дії технологічних, експлуатаційних і природних чинників. Своєчасне виявлення пошкоджень, застосування сучасних методів діагностики та профілактичного зміцнення дозволяють суттєво продовжити термін експлуатації таких споруд. Використання фібробетонів, полімерних матеріалів та систем активного моніторингу забезпечує підвищену стійкість укріплень до руйнівних впливів і гарантує їхню безпечну експлуатацію.

Список використаної літератури

1. Ammari, H., Seo, J.K., Zhang, T., Zhou, L. Electrical impedance spectroscopy-based nondestructive testing for imaging defects in concrete structures. ar 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1405.4582>
2. Korec, E., Jirasek, M., Wong, H.S., Martínez-Pañeda, E. A phase-field chemo-mechanical model for corrosion-induced cracking in reinforced concrete. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2306.01903>
3. Sauereisen, Inc. Concrete Corrosion: Types, Causes, and Prevention. URL: <https://www.sauereisen.com/blog/concrete-corrosion-types-causes-and-prevention/>
4. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
5. Kryton International Inc. Preventing Corrosion in Reinforced Concrete. URL: <https://blog.kryton.com/2024/07/preventing-corrosion-in-reinforced-concrete/>
6. Chryso Inc. Reducing concrete cracking - Top 10 tips for achieving high-quality concrete. URL: <https://www.chrysoinc.com/blog/reducing-concrete-cracking-top-10-tips-for-achieving-high-quality-concrete/>
7. UltraTech Cement Ltd. What Causes Corrosion in Concrete and How to Prevent it. URL: <https://www.ultratechcement.com/for-homebuilders/home-building-explained-single/descriptive-articles/corrosion-in-concrete-causes-and-solution>
8. ДСТУ-Н Б В.2.6-212:2016. Настанова щодо проектування та улаштування гідроізоляції будівель і споруд. — Київ: Мінрегіон України, 2016.

Колесник Андрій Вікторович – асистент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andrey.engineer@gmail.com.

Дубенчак Оксана Олександрівна – студентка групи ЗБ-25б Вінницького національного технічного університету, e-mail: andrey.engineer@gmail.com.

Kolesnik Andrii V. - assistant Professor, Department of Construction, Urban Planning and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andrey.engineer@gmail.com.

Dubenchak Oksana O.— student in group 3B-25b at Vinnytsia National Technical University, e-mail: andrey.engineer@gmail.com.